

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-051050

(43)Date of publication of application : 25.02.1994

(51)Int.Cl.

G01S 5/16

G01C 3/06

G01C 21/00

G01S 1/70

(21)Application number : 04-202330

(71)Applicant : SEKISUI CHEM CO LTD

(22)Date of filing : 29.07.1992

(72)Inventor : NAKAHARA YASUHIRO

ISHII TETSUYA

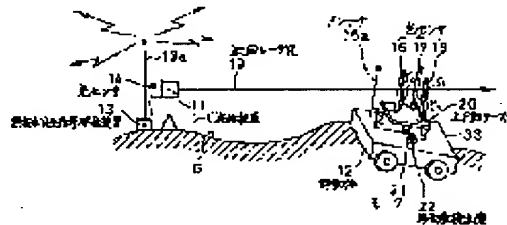
HIRANO MAKOTO

(54) MOVING BODY ATTITUDE AND THREE-DIMENSIONAL POSITION MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a measuring device for the six degree-of-freedom attitude and three-dimensional position of a moving body at each point of time which travels on an ungraded surface of ground.

CONSTITUTION: A moving body attitude/three-dimensional position measuring device concerned includes a laser beam transmitting device 11 installed at one reference point and revolving at a constant angular velocity ω and a non-directional signal transmitting device 13. On each moving body 12 are furnished a non-directional signal receiving antenna 15a and at least three line-form photo-sensors 16, 17, 18 arranged upon a vertically traveling table 20, and a CPU calculates the three pieces of coordinates information and three pieces of attitude information about the moving body 12 on the basis of the fed laser beam 19 receiving time signal and the receiving position signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3107651

[Date of registration] 08.09.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right] 08.09.2003

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-51050

(43)公開日 平成6年(1994)2月25日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 S 5/16		4240-5 J		
G 0 1 C 3/06		Z 9008-2 F		
	21/00	Z		
G 0 1 S 1/70		4240-5 J		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-202330

(22)出願日 平成4年(1992)7月29日

(71)出願人 000002174

積水化学工業株式会社

大阪府大阪市北区西天満2丁目4番4号

(72)発明者 中原 康博

茨城県つくば市吾妻3-18-4

(72)発明者 石井 徹哉

茨城県つくば市梅園2-15-3

(72)発明者 平野 信

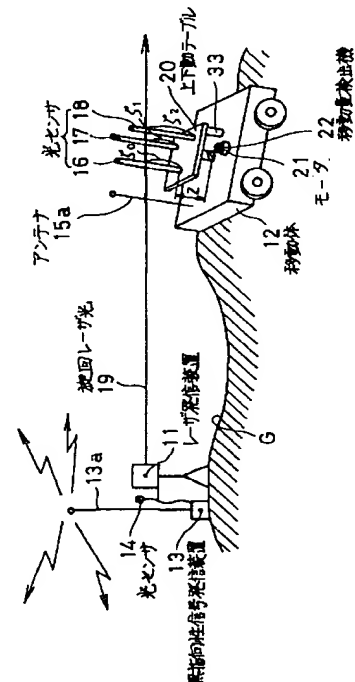
茨城県つくば市吾妻3-18-4

(54)【発明の名称】 移動体の姿勢及び3次元位置測定装置

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 不整地面上を移動する移動体の各時点の6自由度姿勢及び3次元位置の測定装置を提供する。

【構成】 このため、一基準点に設置されて一定角速度 ω で回転するレーザ光発信装置11と、無指向性信号発信装置13とを設けると共に、移動体12上には、前記無指向性信号受信用アンテナ15a及び上下動テーブル20上に配設した少なくとも3個のライン形光センサ16、17、18と、これらの前記レーザ光19受光時刻信号39、40、41及び受光位置信号45、46、47等より移動体12の3つの座標情報と3つの姿勢情報をCPU51により演算/算出するよう構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一基準点に設置され、実質的に一定の旋回角速度でレーザ光を発信するためのレーザ発信手段と、そのレーザ光が特定の方向に発信させたとき無指向性信号を出力するための信号発信手段と、測定すべき移動体上に装着され、前記レーザ光照射位置と照射時刻の情報を含む信号を出力するための少なくとも3個の光センサと、前記無指向性信号を受信するための受信手段と、前記光センサからの出力より、各光センサ上の受光位置を求めるための信号処理手段と、前記各光センサのレーザ光受光時刻と前記無指向性信号の受信時刻との差を測定するための少なくとも3個の計時手段と、その計時情報と、レーザ受光位置情報から前記移動体の姿勢及び3次元位置を算出するための演算手段と、前記各センサを特定の位置に配設するためのテーブルと、このテーブルを必要距離だけ上下動させるための駆動機構と、前記各光センサの内の1個の出力より前記レーザ光がこれらセンサから外れないよう駆動機構を制御するための制御手段と、前記テーブルの基準位置からの高さを検出するための検出手段を備えたことを特徴とする移動体の姿勢及び3次元位置測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、移動体の姿勢及び3次元位置を測定するための装置に関するものである。

【0002】

【従来技術】 従来、例えば走行車両や船舶もしくは特殊な飛翔体等の移動体の姿勢及びその3次元位置を測定するための方法の提案が特願平4-66942号により開示されている。この提案においては、一基準点より発する旋回レーザ光を少なくとも3個のライン形センサで受光して得られる受光時刻情報と、これら各光センサからの出力により求められる光センサ上の受光位置情報から移動体の姿勢及び3次元位置を測定するものであった。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来提案にあつては、その上を移動体が移動する表面が例えば不整地や波浪の高い海面等で凸凹や勾配等が比較的大きい場合など、前記旋回レーザ光がライン形光センサの受光部から外れた時には、移動体の姿勢や3次元位置の測定は不可能となる。

【0004】 この発明は、以上のような問題点にかんがみてなされたもので、その上を移動体が移動する地面等が比較的大きい起伏や勾配等を有する場合でも、前記測定を可能とするこの種の測定装置の提供を目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】 このため、この発明においては、この種の移動体の姿勢及び3次元位置測定装置

を、一基準点に設置され、実質的に一定の旋回角速度でレーザ光を発信するためのレーザ発信手段と、そのレーザ光が特定の方向に発信させたとき無指向性信号を出力するための信号発信手段と、測定すべき移動体上に装着され、前記レーザ光照射位置と照射時刻の情報を含む信号を出力するための少なくとも3個の光センサと、前記無指向性信号を受信するための受信手段と、前記光センサからの出力より、各光センサ上の受光位置を求めるための信号処理手段と、前記各光センサのレーザ光受光時刻と前記無指向性信号の受信時刻との差を測定するための少なくとも3個の計時手段と、その計時情報と、レーザ受光位置情報から前記移動体の姿勢及び3次元位置を算出するための演算手段と、前記各センサを特定の位置に配設するためのテーブルと、このテーブルを必要距離だけ上下動させるための駆動機構と、前記各光センサの内の1個の出力より前記レーザ光がこれらセンサから外れないよう駆動機構を制御するための制御手段と、前記テーブルの基準位置からの高さを検出するための検出手段を備えるよう構成することにより前記目的を達成使用とするものである。

【0006】

【作用】 以上のような本発明構成により、移動体の6自由度の姿勢や3次元位置を測定することができる。また、ヘディング角、ピッチング角、ローリング角等の姿勢情報が不要の場合にも、その姿勢とは無関係に各時点の位置を正確に求めることができるため、凹凸のある面上を移動するときの位置認識用に最適である。また、前記上下動テーブルの高さを、前記各光センサの中心で旋回レーザ光を受光できるよう制御しているため、凸凹や勾配の比較的大きい移動面でも、前記測定が可能である。

【0007】

【実施例】 以下に、この発明を実施例に基づいて説明する。図1にこの発明に係るこの種の計測システムの一実施例の概要説明図を示す。この図は、後述するレーザ光旋回面に平行な方向から見た図である。

【0008】 (構成) 12は、不整地面G上を移動する不整地走行車両等の移動体、11は、地上Gの一測定基準点に配設された実質的に一定の角速度 ω で一平面上を旋回するレーザ光19を発信するためのレーザ発信装置、14は、ある基準方向を指向して配設された光センサ、13はレーザ光19がある方向を指向してこれを横切ったとき光センサ14により無指向性の無線信号を発生するための信号発生装置、13aはその発信用アンテナである。

【0009】 一方、移動体12上には、前記無指向性信号を受信するための受信機(不図示)と、そのセンサとしてのアンテナ15aを備え、また、移動体12の上面には、これと平行な上下動テーブル20が設けられ、その上面に垂直に少なくとも3個のライン形センサ16、

3

17, 18が互いに一直線上とならないような位置関係に配設されて、それぞれレーザ光19の受光時刻(t_0, t_1, t_2)と受光位置($\zeta'_0, \zeta'_1, \zeta'_2$)の情報を出力し得るよう、図2にその測定系及び信号処理回路のブロック図を示すように、それぞれの光センサ16, 17, 18に対して各信号処理回路35, 36, 37、計時手段としての各タイマ42, 43, 44、演算手段としてのCPU51等を備えている。

【0010】また、図3に上下動テーブル20を必要な距離だけ上下動させるための駆動機構の垂直断面図を示す。上下動テーブル20は、ボールねじみぞを備えた垂直軸23により支持されており、正逆転可能なモータ21により、歯車29を介してスリーブ24が回転し、このスリーブ24とボールねじ機構で連結されて軸23がそれぞれ上/下に変位し得る。32, 33は、上下動テーブル20が、スリーブ24と共に回転することを防止するための各回り止め軸である。また、22は、このテーブル20の基準位置からの上/下移動量Zの検出機を示す。

【0011】前記各ライン形センサ16, 17, 18としては、光位置検出素子(PSD)や光センサアレイ等が挙げられ、また上下動テーブル20移動量検出機22は、その基準位置からの移動情報を含む信号を出力し得るよう構成され、この検出手段としては、モータ21の回転角度を測定するためのロータリ・エンコーダ等が挙げられる。

【0012】(動作) つぎに、図1～図3ならびに、図2の信号処理装置からの出力信号波形図の一例を示す図4を参照して動作説明する。各ライン形光センサ16, 17, 18に順次入射された旋回レーザ光19は、それぞれの信号処理回路35, 36, 37を通過して各受光時刻信号39, 40, 41と、各ラインセンサ上での受光信号位置信号45, 46, 47に変換される。一方、アンテナ13aからの無指向性の無線入号は、アンテナ15aで受信されて処理回路34に入力されると、直ちに*

$$\theta_0 = \omega t_0 \quad \dots\dots (1)$$

$$\theta_1 = \omega t_1 \quad \dots\dots (2)$$

$$\theta_2 = \omega t_2 \quad \dots\dots (3)$$

と表される。また、上下動テーブル20の移動量をZと

$$\zeta_0 = Z + \zeta'_0 \quad \dots\dots (4)$$

$$\zeta_1 = Z + \zeta'_1 \quad \dots\dots (5)$$

$$\zeta_2 = Z + \zeta'_2 \quad \dots\dots (6)$$

とおき、各光センサ間の間隔をそれぞれ図5に示すようにa, b, cとし、レーザ光受光位置間隔をA, B, C※

$$A = (a^2 + (\zeta_1 - \zeta_0)^2)^{1/2} \quad \dots\dots (7)$$

$$B = (b^2 + (\zeta_2 - \zeta_0)^2)^{1/2} \quad \dots\dots (8)$$

$$C = (c^2 + (\zeta_2 - \zeta_1)^2)^{1/2} \quad \dots\dots (9)$$

と表わされ、直ちに計測値Z, $\zeta'_0, \zeta'_1, \zeta'_2$ より計算できる。

【0016】つぎにここで求めたA, B, Cを用いて各

4

*パルス信号38を発生する。各受光時刻信号39, 40, 41と、このパルス信号38との各時間間隔 t_0, t_1, t_2 は、それぞれ計時手段としての各タイマ42, 43, 44で、計測されてそれぞれデジタル信号に変換される。

【0013】一方、レーザ光受光位置情報45, 46, 47は、各信号処理回路35, 36, 37において、各受光位置 $\zeta'_0, \zeta'_1, \zeta'_2$ にそれぞれ比例した電圧に変換され、それぞれA/D変換器48, 49, 50によりデジタル信号に変換される。また、ライン形光センサ16からの受光位置信号45は、上下動テーブル20の高さ(移動量Z)を、旋回レーザ光19が光センサ16のほぼ中心に入射するように駆動制御するためにも利用されており、制御回路52により上下動テーブル20の移動量Zが決定され、モータドライバ53に指令してモータ21を駆動制御し、エンコーダ22からカウンタ54により、上下動テーブル20の移動量を計測する。これらの7つのデジタル信号は、CPU51で演算/処理されて、移動体12の3つの座標情報(r, θ, z)と、3つの姿勢情報、すなわち、ヘディング角、ピッチング角、ローリング角(ϕ, σ, ρ)に変換される。

【0014】(位置/姿勢の算出) つぎに、前記座標/姿勢情報の各量を求めるための演算式を説明する。図5に、旋回レーザ光19と、上下動テーブル20上の各ライン形光センサ16, 17, 18との幾何学的配置例をレーザ旋回面に垂直な方向から見た図を示す。 R_0, R_1, R_2 は各光センサ16, 17, 18のレーザ光受光位置、 S_0, S_1, S_2 は、各光センサの中心線を延長した線が、移動体12の上面と交わる点の位置を示す。また、Oは図1における旋回レーザ発信装置11の位置、Pは光センサ14の位置ある。

【0015】レーザ光19の旋回角速度を ω 、基準方向から R_0, R_1, R_2 を見込んだ角度をそれぞれ $\theta_1, \theta_1', \theta_2$ とすると、それらは

し、

$$\dots\dots (4)$$

$$\dots\dots (5)$$

$$\dots\dots (6)$$

※とすると、

レーザ光受光位置 R_0, R_1, R_2 の座標を求める；

【0017】

【数1】

$$\frac{5}{OR_0} / \sin \gamma = B / \sin (\theta_2 - \theta_0) \quad \dots\dots (10)$$

$$\frac{6}{OR_0} / \sin \beta = A / \sin (\theta_2 - \theta_0) \quad \dots\dots (11)$$

であるから、

$$\sin \beta / \sin \gamma = B / A \cdot \sin (\theta_2 - \theta_0) / \sin (\theta_1 - \theta_0) \quad \dots\dots (12)$$

である。これをkとおくと、三角形R₀ R₁ R₂ について余弦定理よ

り角αは、

$$\alpha = \arccos ((A^2 + B^2 - C^2) / (2AB)) \quad \dots\dots (13)$$

と求められる。

さらに、

$$\theta_2 - \theta_1 + \gamma - \beta = \alpha \quad \dots\dots (14)$$

であるからこの式と(12)式とより、

$$\begin{aligned} k \sin \gamma &= \sin (\theta_2 - \theta_1 + \gamma - \alpha) \\ &= \sin (\theta_2 - \theta_1 - \alpha) \cos \gamma \\ &\quad + \cos (\theta_2 - \theta_1 - \alpha) \sin \gamma \quad \dots\dots (15) \end{aligned}$$

となる。この式より、γは、

$$\gamma = \arctan (\sin (\theta_2 - \theta_1 - \alpha) / (k - \cos (\theta_2 - \theta_1 - \alpha))) \quad \dots\dots (16)$$

となり、(16)式を(14)式に代入することにより、βも求められる。

(10)式より、

$$OR_0 = B \sin \gamma / \sin (\theta_2 - \theta_0) \quad \dots\dots (17)$$

さらに余弦定理により、

$$\begin{aligned} OR_1 &= (OR_0^2 + A^2 \\ &\quad - 2A \cdot OR_0 \cos (\pi - (\theta_0 - \theta_1 - \beta)))^{1/2} \quad \dots\dots (18) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} OR_2 &= (OR_0^2 + B^2 \\ &\quad - 2B \cdot OR_0 \cos (\pi + (\theta_0 - \theta_2 - \gamma)))^{1/2} \quad \dots\dots (19) \end{aligned}$$

となり、 R_0 , R_1 , R_2 の座標は、

$$R_0 ; (\overline{OR_0} \cos \theta_0, \overline{OR_0} \sin \theta_0, 0) \quad \cdots (20)$$

$$R_1 ; (\overline{OR_1} \cos \theta_1, \overline{OR_1} \sin \theta_1, 0) \quad \cdots (21)$$

$$R_2 ; (\overline{OR_2} \cos \theta_2, \overline{OR_2} \sin \theta_2, 0) \quad \cdots (22)$$

と求めることができる。

つぎに移動体12上の3つの座標 S_0 , S_1 , S_2 の計算を行う；
ライン形センサのライン方向の大きさ1の方向へベクトルを、

$$\vec{n} = (n_x, n_y, n_z)$$

とすると、

$$\overrightarrow{R_0 R_1} = (\zeta_1 - \zeta_0) (n_x, n_y, n_z) + \overrightarrow{S_0 S_1} \quad \cdots (23)$$

$$\overrightarrow{R_0 R_2} = (\zeta_2 - \zeta_0) (n_x, n_y, n_z) + \overrightarrow{S_0 S_2} \quad \cdots (24)$$

となる。両辺の内積をとると、

$$\overrightarrow{R_0 R_1} \cdot \vec{n} = n_x x_1 + n_y y_1 = \zeta_1 - \zeta_0 \quad \cdots (25)$$

$$\overrightarrow{R_0 R_2} \cdot \vec{n} = n_x x_2 + n_y y_2 = \zeta_2 - \zeta_0 \quad \cdots (26)$$

となる。ただし、

$$\overrightarrow{R_0 R_1} = (x_1, y_1, 0) \quad \cdots (27)$$

$$\overrightarrow{R_0 R_2} = (x_2, y_2, 0) \quad \cdots (28)$$

とし、(20), (21), (22) の各式から求める。

(25), (26) 式より、

$$n_x = (y_2(\zeta_1 - \zeta_0) - y_1(\zeta_2 - \zeta_0)) / \delta \quad \cdots (29)$$

$$n_y = (-x_2(\zeta_1 - \zeta_0) + x_1(\zeta_2 - \zeta_0)) / \delta \quad \cdots (30)$$

ただし、

$$\delta = x_1 y_2 - x_2 y_1 \quad \dots\dots (31)$$

である。ここで求めた n_x 、 n_y を用いて、 n_z は、

$$n_z = (1 - n_x^2 - n_y^2)^{1/2} \quad \dots\dots (32)$$

となり、 \vec{n} は決定される。

この \vec{n} を用いて、 S_0 、 S_1 、 S_2 の位置ベクトルは、

$$\overrightarrow{OS_0} = \overrightarrow{OR_0} - \zeta_0 \vec{n} \quad \dots\dots (33)$$

$$\overrightarrow{OS_1} = \overrightarrow{OR_1} - \zeta_1 \vec{n} \quad \dots\dots (34)$$

$$\overrightarrow{OS_2} = \overrightarrow{OR_2} - \zeta_2 \vec{n} \quad \dots\dots (35)$$

と求められる。

移動体の姿勢は(33)、(34)、(35)の各式で与えられる点 S_0 、 S_1 、 S_2 で一義的にされる。つぎにこれをヘディング角 ϕ 、ピッチング角 σ 、ローリング角 ρ に変換する。

移動体12上において、

$$\vec{d} = (d_x, d_y, d_z) = p \overrightarrow{S_0 S_1} / a + q \overrightarrow{S_0 S_2} / b \quad \dots\dots (36)$$

というベクトルが、移動体の機首の3次元的な方向であるとする、

ヘディング角 ϕ は、

$$\phi = \arccos(d_x / (d_x^2 + d_y^2)^{1/2}) \quad \dots\dots (37)$$

で与えられ、ピッチング角 σ は、

$$\sigma = \arccos(d_z / (d_x^2 + d_y^2 + d_z^2)^{1/2}) \quad \dots\dots (38)$$

またローリング角 ρ は、

$$\rho = \arccos((\vec{d} \times \vec{n}) \cdot \vec{z} / (dn)) \quad \dots\dots (39)$$

で与えられる。(33)、(37)、(38)、(39)の各式によっ

て移動体12の空間上の位置と姿勢は完全に決定される。

【0020】(他の実施例)なお、上記実施例は、ライン形光センサが3個の場合について説明したが、使用するセンサの個数はこれのみに限定されるものでなく、それ以上の複数であっても差支えない。また上下動テーブル20の変位機構／駆動手段等も他の変形であってもよいことはもちろんである。

【0021】

【発明の効果】以上、説明したように、この発明によれば、この種の移動体の6自由度の姿勢や3次元位置を測定することができ、また上下動テーブルの高さを適当に調節制御することにより、比較的大きい凸凹や傾斜の移動表面に対しても追従して測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 計測システムの一実施例の概要説明図

【図2】 移動体上の測定系及び信号処理回路のブロック図

【図3】 上下動テーブルの駆動機構垂直断面図

【図4】 図2の信号処理装置からの出力信号波形図の一例

【図5】 旋回のレーザ光と各光センサとの幾何学的配置例

【符号の説明】

11 レーザ光発信装置

12 移動体

13 無指向性信号発信装置

16, 17, 18 ライン形光センサ

20 上下動テーブル

21 モータ

22 上下移動量検出機

34, 35, 36, 37 信号処理回路

38 パルス信号

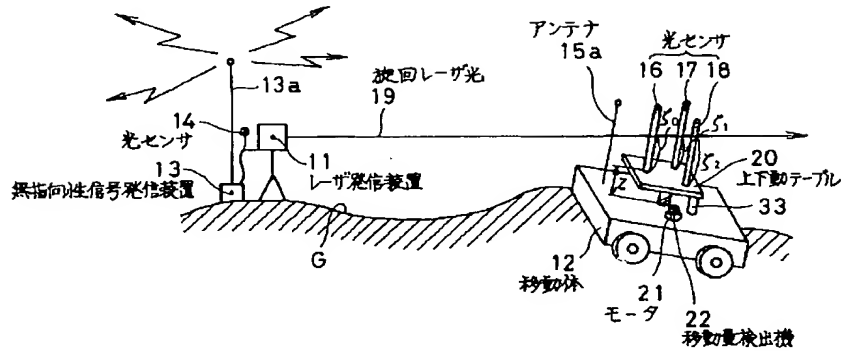
39, 40, 41 受光時刻信号

42, 43, 44 タイマ

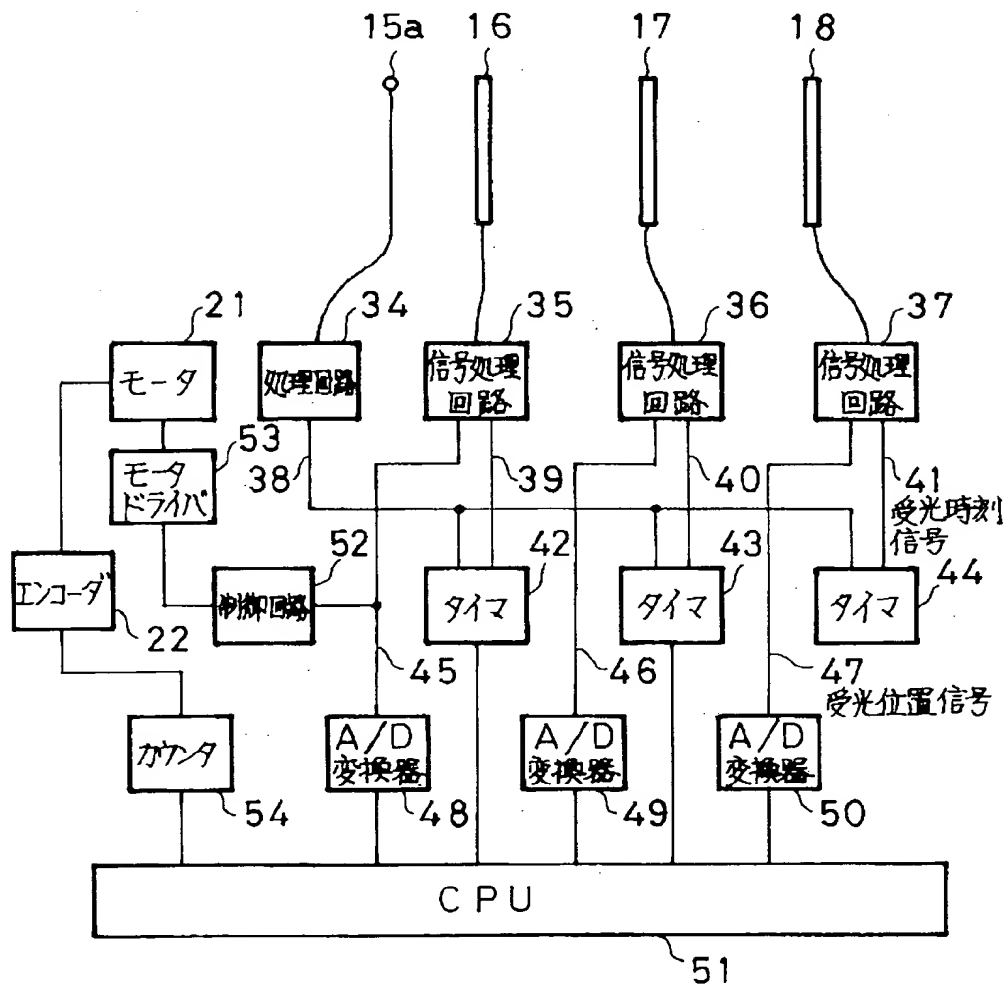
45, 46, 47 受光位置信号

51 CPU

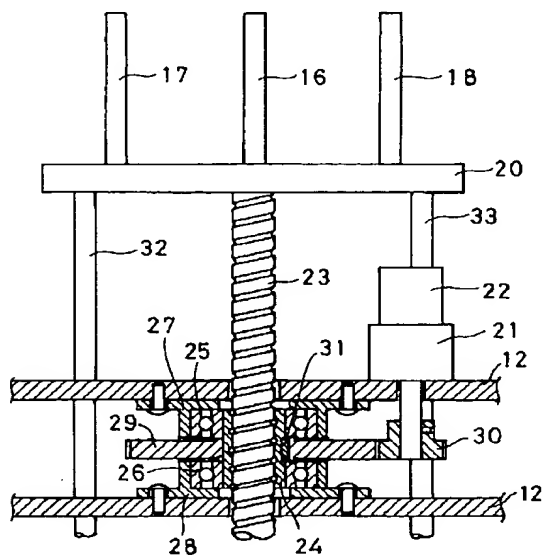
【図1】



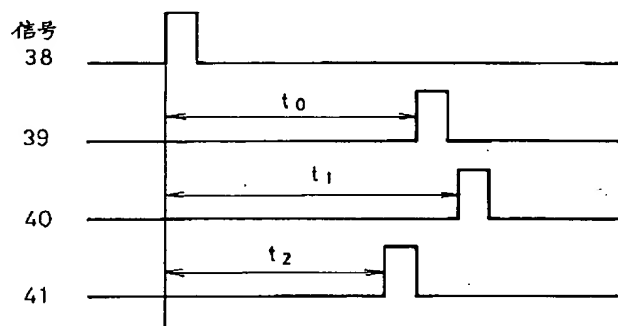
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

